

Schriftenreihe des Arbeitsbereichs  
Werkzeugmaschinen und Automatisierungstechnik  
der Technischen Universität Hamburg-Harburg

Band 11

**Gerd Göbel**

**Konstruktionsbegleitende Montageprozeßplanung -  
ein Beitrag zur Qualitätsverbesserung  
in der automatisierten Montage**

Shaker Verlag  
Aachen 1999

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

*Göbel, Gerd:*

Konstruktionsbegleitende Montageprozessplanung - ein Beitrag zur  
Qualitätsverbesserung in der automatisierten Montage / Gerd Göbel.

- Als Ms. gedr. - Aachen : Shaker, 1999

(Schriftenreihe des Arbeitsbereichs Werkzeugmaschinen  
und Automatisierungstechnik der Technischen Universität  
Hamburg-Harburg ; Bd. 11)

Zugl.: Hamburg-Harburg, Techn. Univ., Diss., 1999

ISBN3-8265-6784-6

Copyright Shaker Verlag 1999

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen  
oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungs-  
anlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Als Manuskript gedruckt. Printed in Germany.

ISBN 3-8265-6784-6

ISSN 1438-8529

Shaker Verlag GmbH • Postfach 1290 • 52013 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • eMail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

## 8 Zusammenfassung und Ausblick

Die Entwicklung neuer Produkte unterliegt vielfältigen Anforderungen und Einflüssen, deren Erfüllung und Berücksichtigung durch effiziente Planungsabläufe sichergestellt werden muß. Im Bereich der automatisierten Produktmontage führen Planungsdefizite häufig zu technischen Problemen, hohen Fehlerraten sowie wirtschaftlichen Einbußen, die durch Änderungen an der Produktgestaltung und an der Montageanlage beseitigt werden. Ziel einer Planung ist es, alle erforderlichen Informationen zur Bewertung und Auswahl optimaler Lösungen möglichst früh und umfassend bereitzustellen, um den späteren Änderungsaufwand zu minimieren und eine problemlose Anlageninbetriebnahme zu gewährleisten.

Die Motivation zu der vorliegenden Arbeit lag darin, ein Verfahren für eine systematische, konstruktionsbegleitende Montageprozeßplanung zu entwickeln, das angepaßt an die etablierten betrieblichen Abläufe die vorhandenen Planungsdefizite beseitigt sowie zu einer hohen Planungsqualität beiträgt und das es frühzeitig erlaubt, montagetechnische Qualitätskennwerte für die Bewertung von Planungsalternativen zu entwickeln. Die Schwerpunkte des Verfahrens sind zum einen die Entwicklung eines Kennwertverfahrens zur Bewertung der Prozeßgüte automatisierter Montageoperationen und zum anderen die Konzeption eines abteilungsübergreifenden Informationsumsatzes, der dieses Kennwertverfahren in die betrieblichen Planungsabläufe integriert.

Die Bewertung der Montageprozeßgüte basiert auf einem Prozeßmodell, in dem die Prozeßfehler und alle relevanten Streuungseinflüsse abgebildet werden. Die Prozeßfehler werden aus Montagegrundfunktionen abgeleitet und sukzessive zu einem hierarchischem Prozeßfehlerbaum verknüpft. Die unterste Ebene bilden einzelne Streuungsfaktoren, die das Eigenschaftsprofil der Prozeßelemente charakterisieren und als statistische Verteilungsfunktionen definiert sind. Die Streuungen werden logisch verknüpft und auf der nächst höheren Stufe des Prozeßfehlerbaumes zu einem Kennwert aggregiert. Für die Durchführung dieser Kennwertbildung werden verschiedene Methoden ausgearbeitet, die auf etablierten mathematischen Lösungsverfahren aufbauen und auf allgemeine Verteilungsdichten anwendbar sind. Der verdichtete Teilkennwert beschreibt die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Prozeßfehlers. Die Endstufe bildet die Aggregation der einzelnen,

unabhängigen Fehlerkomponenten zu einem Gesamtkennwert. Auf dieser Stufe fließen neben den stochastischen Fehleranteilen auch Fehler, die nicht von dem entwickelten Prozeßmodell erfaßt werden, sowie systematische Fehleranteile ein. Unter der Voraussetzung, daß der fehlerhafte Prozeß mit diesem Fehlerbaum umfassend und die Verteilungen realitätsnah beschrieben sind, ist der Kennwert ein Maß für die Prozeßsicherheit in der Montagestation.

Dieses Planungsmodell eröffnet die Möglichkeit, daß eng verzahnte Planungsschritte der Konstruktion und der Arbeitsvorbereitung zusammengefaßt und zeitparallel bearbeitet werden. Ein wesentlicher Anknüpfungspunkt ergibt sich durch die Kombination der Fehlerbaummethode mit der statistischen Tolerierung der Bauteile. Die abteilungsübergreifende Teamarbeit fördert den Informationsfluß und führt zu einem Bewertungsschritt, in den alle wesentlichen Informationen über die Produkt- und Produktionsparameter einfließen. Der entwickelte Montageprozeßfehlerbaum ist ein quantitatives Qualitätsmerkmal der Montageausführung und eignet sich zur Bewertung alternativer Produktgestaltungen und Montagesystemlösungen. Die präventive Fehlervermeidung und Qualitätssicherung hat bei der Planung automatisierter Montageoperationen einen besonders hohen Stellenwert, da die Montage (z. B. im Gegensatz zur spanenden Fertigung) nur wenige Ansätze für kurzfristige Stellgrößen zur Beeinflussung der Streuung von Qualitätsmerkmalen bietet. Mit der Anwendung der Montageprozeßplanung als SE-Arbeitstechnik in der Konstruktionsphase werden detaillierte Kenntnisse bezüglich der Streuungseinflüsse erarbeitet. Die Umsetzung dieser Kenntnisse führt zu beherrschten Montageprozessen, für die keine kurzfristigen Stellgrößen erforderlich sind.

Der besondere Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, daß sowohl die Planungsphase als auch die Phase der operativen Umsetzung unterstützt werden. Dazu wurde ein dreistufiges Vorgehen entwickelt, das neben einer theoretischen Betrachtungsebene auch die Validierung durch Vorversuche und schließlich die Validierung durch statistische Prozeßüberwachung beinhaltet. Die Anforderungen an die Qualität von automatisierten Montageoperationen sind stark gestiegen. Eine prozeßsichere Montageausführung und die Möglichkeit zur Überwachung der Qualität mit einem geeigneten Verfahren leisten dabei einen wichtigen Beitrag zur angestrebten "Null-Fehler-Produktion". Der Prozeßfehlerbaum wird in jeder Planungsphase und auch in der Produktionsphase aktualisiert und erweitert. Durch

---

die Validierung wird der Anwender mittelfristig in die Lage versetzt, Know-how bezüglich prozeßsicherer Produkt- und Montageparameter aufzubauen und dies bei erneuten Planungen vorteilhaft einzubringen.

Der Einsatz des Verfahrens zeigt bei verschiedenen Anwendungsbeispielen, daß die konstruktionsbegleitende Montageprozeßplanung ein effizientes Planungswerkzeug ist. Bereits in der Entwurfsphase werden konzeptionelle Schwachstellen in der Produktkonstruktion und bei der Gestaltung automatisierter Montagestationen erkannt und beseitigt. Zunächst bedeutet die Anwendung des Verfahrens einen höheren Planungsaufwand. Durch Nutzung des Montageprozeßfehlerbaumes bei der Informationsverarbeitung kann die Planung aber intensiviert und effizienter gestaltet werden.

Zukünftige Aufgabenschwerpunkte werden die Einführung einer rechnergestützten Montageprozeßplanung mit CAD-Kopplung und der Aufbau umfangreicher Datenbanken für realistische Verteilungsdichten der Streuungseinflüsse sowie für validierte Prozeßmodelle sein.